

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-282351

(43)Date of publication of application : 23.10.1998

(51)Int.Cl.

G02B 6/122

G02B 6/02

G02B 6/42

(21)Application number : 09-094040

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 11.04.1997

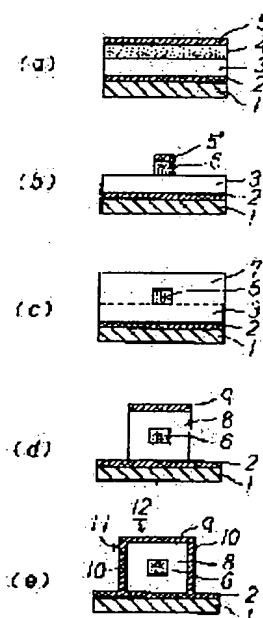
(72)Inventor : KANEKO KATSUHIRO  
UENO YURIKO  
YAMAJI TOKUICHI  
TANAHASHI SHIGEO

## (54) OPTICAL WAVEGUIDE, AND OPTOELECTRONIC MIXED SUBSTRATE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical waveguide which is formed without needing any high-temperature process, and capable of sufficiently preventing the occurrence of the cross talk.

SOLUTION: In an optical waveguide 12, a core part 6 is formed in a clad part 8, and the outer surface of the clad part 8 is covered with a metallic film 11





(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-282351

(43) 公開日 平成10年(1998)10月23日

(51)Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 6/122  
6/02  
6/42G 0 2 B 6/12  
6/02  
6/42A  
C

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平9-94040

(22)出願日 平成9年(1997)4月11日

(71)出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市山科区東野北井ノ上町5番地の22

(72)発明者 金子 勝弘

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

(72)発明者 上野 由里子

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

(72)発明者 山地 徳一

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

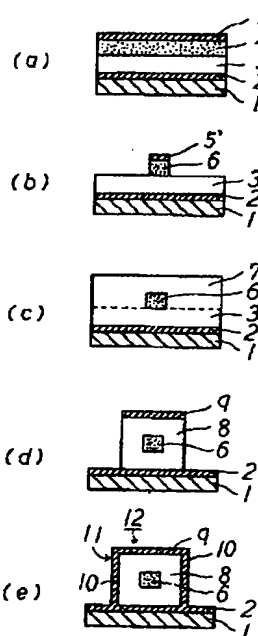
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光導波路ならびに光電子混在基板

(57)【要約】

【課題】 高温プロセスを必要とせずに形成でき、クロストークの発生を十分に防止できる光導波路を得る。

【解決手段】 クラッド部8内にコア部6が形成されるとともにクラッド部8の外表面が金属膜11で被覆した光導波路12である。また、基板上に、クラッド部内にコア部が形成されクラッド部の外表面を金属膜で被覆した光導波路と、光電子変換素子と電子回路とを組み合わせる成る光電集積回路もしくは光集積回路と、集積回路または高周波電気回路とにより光電子混在基板を構成する。クロストークの発生をほぼ完全に防止でき、高品質の信号変換および光信号伝送が可能であり、高温プロセスを必要としないため通常の各種の電気回路基板を用いることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 クラッド部内にコア部が形成されるとともに前記クラッド部の外表面が金属膜で被覆されていることを特徴とする光導波路。

【請求項2】 前記金属膜が前記コア部を伝送させる光の周波数よりも大きなプラズマ周波数を有する金属から成ることを特徴とする請求項1記載の光導波路。

【請求項3】 基板上に、クラッド部内にコア部が形成されて成る光導波路と、光電子変換素子と電子回路とを組み合わせて成る光電集積回路もしくは光集積回路と、集積回路または高周波電気回路とを具備して成る光電子混在基板であって、前記光導波路のクラッド部の外表面が金属膜で被覆されていることを特徴とする光電子混在基板。

【請求項4】 前記金属膜が前記コア部を伝送させる光の周波数よりも大きなプラズマ周波数を有する金属から成ることを特徴とする請求項3記載の光電子混在基板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光通信システムまたはコンピュータ等の電子回路基板間の光信号接続部分あるいは電子回路基板内の素子間の光信号変換領域に用いられる光導波路ならびに光電子混在基板に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光通信システムやコンピュータ等における情報処理の高速化・大容量化の要求に対し、電気信号伝送のみでは伝送容量や電磁誘導等の制限があるため、集積回路素子間やそれらを搭載した基板間あるいは複数の回路基板を集積したボード間の信号伝送について、光信号伝送の利用が積極的に進められている。この場合、伝送される信号の処理は電子部品が担っているため、光信号伝送を利用した情報処理には光信号と電気信号の間の信号変換が必要である。

【0003】そのような光信号と電気信号の信号変換領域には、光ファイバもしくは光導波路からなる光の伝送路や、レーザダイオード・フォトダイオード等の光電子変換素子、光電子変換素子と電子回路とを組み合わせた光電集積回路(OEIC)や光信号のみで情報処理をする光集積回路(光IC)、電子素子の制御や電気信号の処理を行なうためのIC・LSI等の集積回路素子、電子部品を高速で駆動するための高周波電気回路等が混在することとなる。

【0004】従来、光信号と電気信号の信号変換領域には個別の光部品および電子部品により組み立てられたモジュールが用いられていたが、光信号と電気信号の信号変換領域においてさらなる光部品・電子部品の高密度実装化および光接続の高効率化を図るべく、1つの基板上に受光素子等の光電子変換素子、ならびに光導波路、受光素子制御用LSIやOEIC・光IC・OEIC

制御用LSIを始めとする集積回路素子、高周波電気回路等を混在させた、光電子マルチチップモジュール(OE-MCM)といわれるような光電子混在基板の実用化に向けて研究開発が進められている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】光電子混在基板において光電子変換素子として複数の受光素子を実装する場合、受光素子の高密度実装や光導波路を用いた光回路の高密度化に伴い、光信号が基板内を迷光となって伝播することによるクロストークの発生の問題が大きくなっている。このような迷光としては、例えば光導波路の壁面の荒れや屈折率分布の揺らぎに起因する散乱光や、光導波路の曲がり部で発生する放射光、光導波路と発光素子との接続部分で発光素子からの発光光と光導波路の伝搬光とのモードフィールド径のミスマッチのために生じる漏れ光、光導波路と光ファイバとの接続部分で両者の伝搬光のモードフィールド径のミスマッチのために生じる漏れ光などがあり、これらが本来伝搬すべき光導波路以外の光導波路と結合して伝搬したり、本来入射すべき受光素子以外の受光素子に入射したりして、クロストークが発生することとなる。

【0006】これに対して、例えば特開平4-152396号公報には、屈折率の高いコア導波路(屈折率が基板材料の石英ガラスよりも約0.3%高いSiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>系ガラス膜から成る)を屈折率の低いクラッド層(屈折率がコア導波路より約0.3%低いSiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系ガラス膜から成る)で覆った構造の光導波路からなる光導波路型光合分波素子と、この光導波路型光合分波素子の一方端の光送受信端導波路に光学的に結合された光ファイバと、前記光導波路型光合分波素子の他方端の複数の光送受信端導波路にそれぞれ光学的に1対1に結合された半導体レーザもしくは受信用フォトダイオードを具備した光伝送モジュールにおいて、前記光導波路型光合分波素子の前記コア導波路を覆う前記クラッド層の外側に、このクラッド層より屈折率の高い光吸収層(屈折率が石英ガラスよりも約0.3%高いSiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>系ガラスから成る)を設けた光伝送モジュールが開示されている。

【0007】この光伝送モジュールによれば、光導波路のクラッド層の外側に設けられたクラッド層より屈折率の高い光吸収層は、クラッド層を通過する余分な光を吸収し、その伝搬を防ぐ機能を有するので、光送受信端導波路に入射される半導体レーザ出射光あるいは光送受信端導波路へ光学的に結合された光ファイバより入射される受信光と光導波路とのニアフィールド分布の違いにより励起されるクラッドモードや、光導波路中の散乱光、光導波路の曲がり部で発生する放射光は、上記光吸収層で吸収されるため、光導波路への再漏れ込み、ならびに光送受信端導波路へ光学的に結合された受信用フォトダイオードへの漏れ込みが防止されてクロストークの劣化が抑

えられ、送信光と受信光とのアイソレーションを高く確保することができるというものである。

【0008】しかしながら、この特開平4-152306号公報に開示された光伝送モジュールによっても、光吸収層はクラッド層との屈折率の差を利用するものであるため完全に迷光や外部への漏れ光を吸収あるいは遮断することができず、クロストークの発生を完全に防止することはできないという問題点があった。

【0009】また、光電子混在基板は、光電子変換素子や集積回路素子・高周波電気回路等を光導波路と混在させるために通常の電気回路基板上に光導波路を形成する必要がある、その電気回路基板の表面は平坦であることが要求される。さらに、光導波路を形成する際に電気回路基板自体や電気配線・光電子変換素子・集積回路素子・高周波電気回路等にダメージを与えないことも要求され、光導波路形成時の温度や形成の際の応力・導波路コア部の加工による基板や各部品へのダメージ等を考慮しなければならない。

【0010】上記特開平4-152396号公報に開示された光伝送モジュールでは、石英ガラスを基板として珪酸ガラス系の光学材料により光導波路および光吸収層を形成しており、その光吸収層の形成には高温プロセスを必要とするため、通常の各種の電気回路基板を用いる光電子混在基板には適用できないという問題点もあった。

【0011】本発明は以上のような従来技術の問題点に鑑みて案出されたものであり、その目的は、迷光や外部への漏れ光をなくすことができ、クロストークの発生をほぼ完全に防止でき、しかも光導波路の形成に高温プロセスを必要とせずに各種の電気回路基板を利用することができる、高品質の信号変換および光信号伝送が可能な光導波路を提供することにある。

【0012】また本発明の目的は、光導波路における迷光や外部への漏れ光をなくすことができ、クロストークの発生をほぼ完全に防止でき、しかも光導波路の形成に高温プロセスを必要とせずに各種の電気回路基板を利用することができる、高品質の信号変換および光信号伝送が可能な光電子混在基板を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の光導波路は、クラッド部内にコア部が形成されるとともに前記クラッド部の外表面が金属膜で被覆されていることを特徴とするものである。

【0014】また本発明の光導波路は、上記構成の光導波路において、前記金属膜が前記コア部を伝送させる光の周波数よりも大きなプラズマ周波数を有する金属から成ることを特徴とするものである。

【0015】また、本発明の光電子混在基板は、基板上に、クラッド部内にコア部が形成されて成る光導波路と、光電子変換素子と電子回路とを組み合わせることで成る光電集積回路もしくは光集積回路と、集積回路または高周

波電気回路とを具備して成る光電子混在基板であって、前記光導波路のクラッド部の外表面が金属膜で被覆されていることを特徴とするものである。

【0016】また本発明の光電子混在基板は、上記構成の光電子混在基板において、前記金属膜が前記コア部を伝送させる光の周波数よりも大きなプラズマ周波数を有する金属から成ることを特徴とするものである。

【0017】本発明の光導波路によれば、光導波路を構成するクラッド部の外表面が金属膜で覆われていることから、光導波路から外部への漏れ光および外部から光導波路への迷光はこれら金属膜で反射もしくは吸収されて遮断されるため迷光や漏れ光がなくなり、クロストークの発生をほぼ完全に防止できるものとなる。

【0018】また、金属膜によって光導波路のクラッド部の外表面を被覆する際には蒸着法やスパッタリング法・CVD法等の薄膜形成手法により金属膜を形成することができ、特開平4-152306号公報の光吸収層のようにガラス系の光学材料を用いた高温プロセスを必要としないため、本発明の光導波路は通常の各種の電気回路基板上に形成することができる。また、そのように高温プロセスを必要としない光導波路であることから、本発明の光導波路を用いることにより高品質の信号変換および光信号伝送が可能な光電子混在基板を実現することができる。

【0019】そして、金属膜をコア部を伝送させる光の周波数よりも大きなプラズマ周波数を有する金属から成るものとした場合は、金属のプラズマ周波数よりも小さな周波数の光はその金属内を伝搬することができないため、その光は金属表面で確実に反射されて金属内に入射することができないことから、光導波路から外部への漏れ光および外部から光導波路への迷光がより効果的に反射もしくは遮断されるため、クロストークの発生をより完全に防止できるものとなる。

【0020】本発明の光電子混在基板によれば、基板上に形成されたクラッド部とコア部とから成る光導波路のクラッド部の外表面が金属膜で被覆されていることから、光導波路から外部への漏れ光および外部から光導波路への迷光はこれら金属膜で反射もしくは吸収されて遮断されるため迷光や漏れ光がなくなり、クロストークの発生をほぼ完全に防止でき、高品質の信号変換および光信号伝送が可能な光電子混在基板を実現することができる。

【0021】また、金属膜によって光導波路のクラッド部の外表面を被覆する際には蒸着法やスパッタリング法・CVD法等の薄膜形成手法により金属膜を形成することができ、特開平4-152306号公報の光吸収層のようにガラス系の光学材料を用いた高温プロセスを必要としないため、通常の各種の電気回路基板を用いて光電子混在基板を構成することができる。

【0022】そして、金属膜をコア部を伝送させる光の

周波数よりも大きなプラズマ周波数を有する金属から成るものとした場合は、金属のプラズマ周波数よりも小さな周波数の光はその金属内を伝搬することができないため、その光は金属表面で確実に反射されて金属内に入射することができないことから、光導波路から外部への漏れ光および外部から光導波路への迷光がより効果的に反射もしくは遮断されるため、クロストークの発生をより完全に防止でき、さらに高品質の信号変換および光信号伝送が可能な光電子混在基板となる。

#### 【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明につき図面に基づいて説明する。図1(a)～(e)は本発明の光導波路の実施の形態の一例を製造プロセスの工程毎に示す断面図である。

【0024】図1(a)において1は基板、2は金属膜、3は光導波路のクラッド部となるクラッド層、4は光導波路のコア部となるコア層、5はコア層4のパターニング用のマスク金属膜である。

【0025】まず、例えばシリコン(Si)やシリカ等から成る基板1上にスパッタリング法等により例えばアルミニウム(Al)から成る金属膜2を被着形成し、フォトリソグラフィ手法を用いて所望の光導波路のパターンとなるように金属膜2のパターニングを行なう。なお、基板1としてはこの他にも銅ポリイミド基板やセラミック基板・セラミック多層回路基板・薄膜多層回路基板・Si回路基板などの各種の電気回路基板を利用することができる。

【0026】次いで、その金属膜2の上にクラッド層3を例えばシロキサンポリマ溶液を塗布して熱処理することにより、シロキサンポリマ膜(屈折率1.4405、 $\lambda=1.55\mu\text{m}$ )により厚さ $15\mu\text{m}$ 程度に形成する。

【0027】さらにそのクラッド層3の上に光導波路のコア部となるコア層4を、例えばシロキサンポリマ溶液にテトラエーノブトキシシランを添加した混合液を塗布して熱処理することにより、金属含有シロキサンポリマ膜(屈折率1.4437、 $\lambda=1.55\mu\text{m}$ )により厚さ $7\mu\text{m}$ 程度に形成する。

【0028】さらにそのコア層4の上にマスク金属層5として例えばAl膜をスパッタリング法等により被着形成する。このマスク金属層5には、この層5をマスクとしてコア層4を例えばRIE(反応性イオンエッチング)法等によりエッチングする際に十分な選択比がとれるものであれば、Al以外の材料を用いてもよい。

【0029】そして、マスク金属層5の上にコア部のパターンとなるレジストパターン(図示せず)をフォトリソグラフィ手法により形成し、マスク金属層5に対してウェットエッチングあるいはドライエッチングによりパターニングを行なう。

【0030】次に、マスク金属層5上のレジストパターンを除去した後、例えばCF<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>との混合ガスを用

いたRIE法等により、図1(b)に示すように、パターニングされたマスク金属層5'をマスクとしてコア層4をエッチングして光導波路のコア部6を形成する。

【0031】次に、マスク金属層5'を除去し、図1(c)に示すように、クラッド層3上にクラッド層3と同じ材料から成るクラッド層7例えばシロキサンポリマ膜(屈折率1.4405、 $\lambda=1.55\mu\text{m}$ )を、コア部6を $15\mu\text{m}$ 程度の厚さで覆うように形成する。

【0032】次に、クラッド層7の上に金属膜2と同じ材料例えばAlから成る金属膜を形成して、上記と同様にして光導波路となるパターンにパターニングし、それをマスクとしてRIE法によりクラッド層7・3をエッチングしてクラッド部8を形成する。

【0033】これにより、図1(d)に示すように、コア部6の高さが $7\mu\text{m}$ 、コア部6の屈折率が1.4437( $\lambda=1.55\mu\text{m}$ )、コア部6を囲むクラッド部8の上下左右の厚みが各々 $15\mu\text{m}$ であり、クラッド部8の屈折率が1.4405( $\lambda=1.55\mu\text{m}$ )の、上面に金属膜9が形成された埋め込み型の光導波路を形成する。

【0034】ここで、光導波路により伝送される光信号はその光がコア部6内に完全に閉じ込められている訳ではなくクラッド部8にもしみだして伝搬するため、コア部6の外側のクラッド部8の厚みが薄過ぎると、後述する外側の金属膜11で光が吸収されて伝搬損失が大きくなる。特にシングルモードの場合はその影響が顕著であるためクラッド部8の厚みはコア部6の厚み程度以上の厚みがあることが望ましい。

【0035】最後に、光導波路の側面に金属膜2・9と連続させてそれらと同じ材料例えばAlから成る金属膜10を形成することにより、クラッド部8内にコア部6が形成されるとともにクラッド部8の外表面が金属膜11で被覆されている本発明の光導波路12を得る。

【0036】本発明の光導波路12においてクラッド部8の外表面を被覆する金属膜11には、上述のAlの他にも、この光導波路12のコア部6を伝送させる光として光通信に使用される可視光から近赤外光の領域の光を反射・吸収・遮断できる金属材料であってクラッド部8の外表面に被覆膜を形成できるものであれば、種々の金属材料を用いることができる。

【0037】このような金属材料としては、例えばAlやCu・Ti・Cr・Au・Pt・Mo等あるいはこれらの合金があり、これら金属材料を用いることにより、電子ビーム蒸着法や抵抗加熱蒸着法等の各種の蒸着法あるいはスパッタリング法・CVD法などの薄膜形成手法により容易に金属膜11を形成してクラッド部8を被覆することができる。

【0038】これにより、光導波路12から外部への漏れ光および外部から光導波路12への迷光はこれら金属膜11で反射もしくは吸収されて遮断されるため迷光や漏れ光がなくなり、クロストークの発生をほぼ完全に防止でき

る光導波路12となる。

【0039】また、金属膜11をコア部6を伝送させる光の周波数よりも大きなプラズマ周波数を有する金属から成るものとした場合は、その金属のプラズマ周波数よりも小さな周波数の光に対する金属の屈折率は複素数となりその虚数部分が光波の減衰係数に関わるため金属膜11表面で全反射されて入射することができない。

【0040】つまり、金属の場合には伝導電子の負の電荷と正イオンからなる媒質とみなすことができ、これに入射した周波数 $\omega$ の電磁波が感じる屈折率 $n$ は、 $\omega_p$ をプラズマ周波数とすると、 $n = \{1 - (\omega_p^2 / \omega^2)\}^{1/2}$ と書ける。ここで入射する電磁波の周波数 $\omega$ がプラズマ周波数 $\omega_p$ より小さい場合には $\omega_p > \omega$ となり、従って $n$ は虚数となり、入射した電磁波は $e^{-mx}$ （ただし、 $e$ は自然対数、 $m$ は $n$ の絶対値、 $x$ は電磁波が媒質内に入射した距離）で減衰する。すなわち、この電磁波は媒質内を伝搬することはできず、全反射される。

【0041】このような現象から、プラズマ周波数 $\omega_p$ より小さな周波数 $\omega$ の光は金属膜11内を伝搬することができないので、光導波路12から外部への漏れ光および外部から光導波路12への迷光がより効果的に反射もしくは遮断されるため、クロストークの発生をより完全に防止できるものとなる。

【0042】表1に、種々の金属についてプラズマ周波数 $\omega_p$ とそれに対応したプラズマ波長 $\lambda_p$ の計算値を示す。

【0043】

\*【表1】

金属	プラズマ周波数 $\omega_p$ ( $\times 10^{14}$ /s)	プラズマ波長 $\lambda_p$ (nm)
Li	1.21	155.1
Na	0.90	209.5
Al	2.40	78.6
Ti	2.70	89.9
Cr	3.99	48.2
Ni	5.38	35.0
Cu	1.64	114.8
Nb	2.97	63.4
Mo	3.50	53.9
Ag	1.37	137.9
W	2.82	66.7
Pt	4.58	41.1
Au	1.37	137.5

【0044】表1より、表1に示した金属のプラズマ波長 $\lambda_p$ は、光通信で使用する光の波長 $\lambda = 0.85 \mu\text{m}$ あるいは $1.30 \mu\text{m} \sim 1.55 \mu\text{m}$ より短いこと、すなわち表1に示した金属はこのような光通信で使用する光を全反射することが分かる。

【0045】なお、実際の金属の屈折率は複素屈折率( $n - ki$ 、 $i$ は虚数単位)となる。

【0046】表1に示した金属のうち主なものについて、光通信で使用する光の波長 $\lambda = 0.85 \mu\text{m} \sim 1.30 \mu\text{m} \sim 1.55 \mu\text{m}$ に対する複素屈折率を示す。

【0047】

\*【表2】

金属	$\lambda = 0.85 \mu\text{m}$		$\lambda = 1.30 \mu\text{m}$		$\lambda = 1.55 \mu\text{m}$	
	$n$	$k$	$n$	$k$	$n$	$k$
Al	2.8	8.3	1.2	13.2	1.4	16.0
Ni	2.5	4.5	3.1	8.0	3.4	6.8
Cu	0.3	5.3	0.5	7.0	0.6	8.3
Mo	3.5	3.3	1.8	6.0	1.6	7.5
Ag	0.2	5.5	0.4	9.0	0.5	9.3
W	3.5	2.8	3.2	4.4	2.2	4.9
Pt	2.9	5.1	4.5	6.8	5.3	7.0
Au	0.2	5.4	0.4	8.3	0.6	9.8

【0048】また、金属膜11の厚みは、少なくともクラッド部8の外表面の全面に被膜が形成されて被覆できるような厚み（一般的には数十nm以上）で、さらに、光が金属表面に入射して全反射する場合であっても入射光は金属内部にある程度侵入するために金属の膜厚が十分出ない場合は金属膜の反対面に光がしみだすことがあることから、入射光のしみだしによる透過がないような厚みとすることが必要である。そのような光のしみだしを考慮した厚みについては、入射光のその金属中での減衰係数 $\alpha$ を用いて判断することができる。

【0049】すなわち、減衰係数が $\alpha$ の金属中を距離 $1/\alpha$ だけ進むとその光の強度は $1/e^2$ （ $e$ は自然対

数）となる。例えば、波長 $1.3 \mu\text{m}$ の光がアルミニウム中を進む場合、複素屈折率は $1.2 - 13.2i$ であり、減衰係数 $\alpha = 63.8 \mu\text{m}^{-1}$ となり、 $1/63.8 \mu\text{m} \approx 0.02 \mu\text{m}$ の伝搬距離に対して光の強度が $1/e^2$ となる。この場合、その2倍の距離である $0.04 \mu\text{m}$ では光の強度は0.015倍となってこれは約-20dBに相当し、クロストークの発生の防止に十分有効なレベルとなる。

【0050】このように、金属膜11の厚みは、コア部を伝送させて光通信に使用される光に対する、金属膜11に用いられる金属の減衰係数 $\alpha$ とクロストークの発生の防止に必要な減衰量とから必要な厚みが求められるが、一般的には、 $100 \text{ nm} = 0.1 \mu\text{m}$ 以上の厚みがあれば十分

である。

【0051】一方、金属膜11の厚みの上限としては、金属膜のパターニング性（例えばウェットエッチング・ドライエッチング時のパターン加工精度や時間等）や厚みを厚くした場合の膜応力による剥がれ・クラックが発生し易くなることを考慮すると、必要以上に厚くしないことが好ましい。本発明者の実験結果によれば、例えば金属膜11にA1を用いる場合には厚みを約2 μm以下にすることが好ましい。

【0052】前述のA1から成る金属膜11の厚みとしては、コア部6を伝送させる光の周波数 $\omega$ が $1.4 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$  ( $\lambda=1.3 \text{ μm}$ )であり、金属膜11に用いたA1のプラズマ周波数 $\omega_p$ が $2.4 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}$  ( $\lambda=0.0786 \text{ μm}$ )であることから、また上述の減衰効果や光導波路パターンのステップカバレッジ性を考慮し、厚さを0.5 μmとした。このとき、クロストークとしては現所有の評価系の測定限界である-40 dB以下という結果であった。

【0053】上記のような厚みの範囲内であれば、金属膜11を電子ビーム蒸着法や抵抗加熱蒸着法等の各種の蒸着法あるいはスパッタリング法・CVD法などの薄膜形成手法により容易に形成してクラッド部8を被覆することができる。

【0054】光導波路としては、上記のシロキサンポリ系導波路の他にも、他の樹脂系導波路、例えばポリイミド・PMMA・弗素樹脂等、あるいはGaAs・InP等の化合物半導体導波路あるいは石英系導波路等であってもよい。

【0055】なお、光導波路としてシロキサンポリマ導波路を用いる場合、その作製に用いるシロキサンポリマ膜形成用溶液としては、例えば末端基にフェニル基あるいはメチル基を有するシロキサンポリマやブチル基・プロピル基等のアルキル基、フェニル基・トリル基等のアリール基、また一部がフッ素で置換された官能基、水酸基等を末端基に有するシロキサンポリマと、プロピレングリコールモノメチルエーテルや3メトキシ3メチル1ブタノール・エチレングリコールモノブチルエーテル等との混合溶液を用いるとよく、中でも末端基にフェニル基あるいはメチル基を有するシロキサンポリマとプロピレングリコールモノメチルエーテルとの混合溶液を用いると好適である。

【0056】また、シロキサンポリマ膜形成用溶液に添加する金属アルコキシドとしては、例えばテトラ-*n*-ブトキシチタンやテトラメトキシチタン・テトラプロポキシチタン・テトラメトキシゲルマニウム・テトラエトキシゲルマニウム・テトラプロポキシゲルマニウム・テトラブトキシゲルマニウム・トリメトキシエルビウムがあり、中でも同じ金属種のアルコレートにおいてはC（炭素）の数の多いアルコレートを用いると、化学的な安定性がC数の少ないものよりも優れ、混合の際にゲル化を起こしにくく容易に混合可能となつて好適である。

【0057】この金属アルコキシドの添加量は、前記原料のそれぞれの組合せによるシロキサンポリマ膜形成用溶液に対して、金属アルコキシドの添加量に対するポリマ膜の屈折率を予め測定しておき、それに基づいて所望の添加量に設定する。

【0058】また、添加する方法並びに条件としては、例えば十分な量のアルコールによりアルコレートを希釈し、還流しながらシロキサンポリマ膜形成用溶液に混合するとよい。なお、このときに用いるアルコールはアルコレートのアルコキシに一致するものがよい。

【0059】このようにシロキサンポリマ膜形成用溶液に金属アルコキシドを添加することによってシロキサンポリマ膜形成用溶液に金属アルコキシドを任意の割合で添加混合させて金属含有シロキサンポリマ膜を形成することができ、光導波路の屈折率を精密に制御することが可能となる。

【0060】これらシロキサンポリマ膜形成用溶液をスピンコート法やディップコート法・ローラコート法等の塗布法により、基板上に塗布した後、例えばオーブンやホットプレート等により加熱処理を行なつて熱重合させることにより、シロキサン結合の架橋反応が進んでシリカ系のシロキサンポリマ被膜が得られる。

【0061】ここで、熱重合させるための加熱処理温度は270℃程度であり、本発明により光導波路を形成する薄膜回路基板の絶縁層として一般的に用いられるポリイミドの分解温度（典型的な値は約450℃である）より十分低いので、薄膜回路基板等の下地基板に対して熱処理によるダメージを与えることなく光導波路を形成することが可能である。

【0062】光導波路を形成する下地基板としては前述のように銅ポリイミド基板やSi基板・セラミック基板・多層セラミック電気回路基板・薄膜多層回路基板・Si回路基板などがあるが、光導波路を形成する表面の状態としては、凹凸や表面粗さが光学的に平滑・平坦であっても、また下地基板による凹凸や表面粗さが無視できない程度であっても、熱硬化時の収縮が小さいためシロキサンポリマ膜形成用溶液を塗布した時の平坦性が保たれることから、それらにかかわらず平坦性に優れた光導波路を形成することができる。

【0063】次に、図2に本発明の光電子混在基板の実施の形態の一例の平面図を、図3に断面図を示す。

【0064】これらの図において13は基板であり、ここでは複数のセラミック誘電体層14中に配線導体層や貫通導体等の配線導体15が形成されたセラミック多層回路基板を用いた例を示している。なお、基板13としてはこの他にも基板1と同様に銅ポリイミド基板やSi基板・セラミック基板・薄膜多層回路基板・Si回路基板などの各種の電気回路基板を利用することができる。

【0065】16は光信号送信用発光素子、17は光信号送信用発光素子17の光出力モニター用受光素子、18は光信



号受信用受光素子であり、これら光電変換素子には例えばLD（レーザダイオード、半導体レーザ）やLED（発光ダイオード）等の発光素子およびpnPD（pnフォトダイオード）やpinPD（pinフォトダイオード）・APD（アバランシェフォトダイオード）等の受光素子が用いられる。

【0066】また19はこれら受光素子16~18の駆動および信号処理を行なうためのICやLSI等の半導体集積回路素子（集積回路）であり、これらは基板13上に実装されて光電子混在基板の光電集積回路（OEIC）を構成している。なお、これらの他にも、光電光電集積回路（OEIC）素子もしくは光集積回路（LIC）素子を実装したり、さらに高周波電気回路を具備させてもよい。

【0067】20は本発明に係る光導波路、21は外部回路との光信号の送受を行なうための光ファイバである。光導波路20は光導波路型合成分波回路22により光信号送信用発光素子16に接続される送信側光導波路20aと光信号受信用受光素子18に接続される受信側光導波路20bとに分岐されている。また、この例では2系統の光ファイバを21により外部回路と光信号の送受を行なう。

【0068】そして、光導波路20（20a・20b）は、前述の光導波路12と同様に、クラッド部23内にコア部24が形成されるとともにクラッド部23の外表面が金属膜25で被覆されて成るものである。

【0069】なお、光導波路20（20a・20b）は光導波路型合成分波回路22においても同様の構造となっているが、ここでは金属膜25は光結合を遮断しないように合成分波部全体を被覆するように形成されている。

#### 【0070】

【実施例】以下、比較例および本発明の光導波路について具体例を述べる。

【0071】【例1：比較例】Siウエハ上に前述のシロキサンポリマを塗布し、85℃/30分および270℃/30分の熱処理を行ない、厚さ15μmのクラッド層（屈折率1.4405、λ=1.3μm）を形成した。

【0072】次に、シロキサンポリマとテトラエーノートキシチタンとの混合液を用いて厚さ6μmのコア層（屈折率1.4450、λ=1.3μm）を形成した。

【0073】続いてコア部の加工の際にマスクとなる厚さ0.5μmのAl膜をスパッタリング法により形成し、コア部のパターンとなるライン幅6μmのレジストパターンをフォトリソグラフィ手法により形成した。このパターンは、図4に平面図で示すように、基板26上に形成された分岐光導波路27'と直線光導波路28'とからなるものとした。

【0074】次いで、燐酸・酢酸・硝酸の混合溶液によりAl膜をエッチングし、レジストパターンが転写されたAlパターンを得た。

【0075】次いで、レジストを除去した後、RIE法

によりコア部のパターニングを行なった。ここでRIEの条件はO<sub>2</sub> 60sccm、圧力5Pa、出力600Wとし、断面がほぼ矩形のコア部を形成した。

【0076】その後、Alパターンを除去し、上記と同様にしてクラッド層（屈折率1.4405、λ=1.3μm）を形成した。

【0077】以上により、図5に図4のI-I'線断面図で示すような断面を有する、コア部30のサイズが6μm×6μm、コア部30の屈折率が1.4450、クラッド部29の屈折率が1.4405、クラッド部29の全厚が30μmの比較例の埋め込み型光導波路を製作した。

【0078】この光導波路を用いて、以下のようにしてクロストークの評価を行なった。まずパワー10dBm、波長1.3μmのLDからの光をシングルモード光ファイバを通して図4の分岐光導波路27'のAで示した端面に入射して分岐光導波路27'中を伝搬させた。そして、直線光導波路28'のBで示した端面にシングルモード光ファイバを光接続して出射する光の強度を調べた。その結果、直線光導波路28'の端面Bからの出射光の強度は-23dBmであり、大きなクロストークを観測した。

【0079】【例2：本発明の実施例】スパッタリング法により厚さ0.5μmのAl膜を形成したSiウエハ上に前述のシロキサンポリマを塗布し、85℃/30分および270℃/30分の熱処理を行ない、厚さ15μmのクラッド層（屈折率1.4405、λ=1.3μm）を形成した。

【0080】次に、シロキサンポリマとテトラエーノートキシチタンとの混合液を用いて厚さ6μmのコア層（屈折率1.4450、λ=1.3μm）を形成した。

【0081】続いてコア部の加工の際にマスクとなる厚さ0.5μmのAl膜をスパッタリング法により形成し、コア部のパターンとなるライン幅6μmのレジストパターンをフォトリソグラフィ手法により形成した。このパターンは、図4に平面図で示すように、基板26上に形成された分岐光導波路27と直線光導波路28とからなるものとした。

【0082】次いで、燐酸・酢酸・硝酸の混合溶液によりAl膜をエッチングし、レジストパターンが転写されたAlパターンを得た。

【0083】次いで、レジストを除去した後、RIE法によりコア部のパターニングを行なった。ここでRIEの条件はO<sub>2</sub> 60sccm、圧力5Pa、出力600Wとし、断面がほぼ矩形のコア部を形成した。

【0084】その後、Alパターンを除去し、上記と同様にしてクラッド層（屈折率1.4405、λ=1.3μm）を形成した。

【0085】さらに、コア部を形成した方法と同様に光導波路パターン部をエッチング加工し、最後に、前述のようにAl膜をスパッタリング法により導波路パターンを構うように形成した。

【0086】以上により、図6に図4のI-I'線断面

図で示すような断面を有する、コア部32のサイズが6  $\mu$ m $\times$ 6  $\mu$ m、コア部32の屈折率が1.4450、クラッド部31の屈折率が1.4405、クラッド部31の全厚が30  $\mu$ mで、クラッド部31の外表面を厚さ0.5  $\mu$ mのA1膜33で被覆した構造の本発明の埋め込み型光導波路を製作した。

【0087】この光導波路を用いて、【例1】と同様にクロストークの評価を行なった。まず、パワー10 dBm、波長1.3  $\mu$ mのLDからの光をシングルモード光ファイバを通して図4の分岐光導波路27のAで示した端面に入射して分岐光導波路27中を伝搬させた。そして、直線光導波路28のBで示した端面にシングルモード光ファイバを光接続して出射する光の強度を調べた。その結果、直線光導波路28の端面Bからの出射光の強度は-40 dBm以下（検出器の感度以下）であり、クロストークは認められなかった。

【0088】また、この光導波路27・28を用いた光電子混在基板を作製したところ、クロストークの発生をほぼ完全に防止でき、高品質の信号変換および光信号伝送が可能であることが確認できた。

【0089】なお、本発明は上述の実施例に何ら限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更・改良などを加えることは何ら差し支えない。

#### 【0090】

【発明の効果】本発明の光導波路によれば、内部にコア部が形成された光導波路を構成するクラッド部の外表面が金属膜で覆われていることから、光導波路から外部への漏れ光および外部から光導波路への迷光はこれら金属膜で反射もしくは吸収されて遮断されるため迷光や漏れ光がなくなり、クロストークの発生をほぼ完全に防止できた。

【0091】また本発明の光導波路によれば、金属膜によって光導波路のクラッド部の外表面を被覆する際には蒸着法やスパッタリング法・CVD法等の薄膜形成手法により金属膜を形成することができ、高温プロセスを必要としないため、通常の各種の電気回路基板上に形成することができ、そのように高温プロセスを必要としない光導波路であることから、本発明の光導波路を用いることにより高品質の信号変換および光信号伝送が可能な光電子混在基板を提供することができた。

【0092】そして、金属膜をコア部を伝送させる光の周波数よりも大きなプラズマ周波数を有する金属から成るものとした場合は、金属のプラズマ周波数よりも小さな周波数の光はその金属内を伝搬することができないため、その光は金属表面で確実に反射されて金属内に入射することができないことから、光導波路から外部への漏れ光および外部から光導波路への迷光がより効果的に反射もしくは遮断されるため、クロストークの発生をより完全に防止できる。

【0093】また、本発明の光電子混在基板によれば、基板上に形成されたクラッド部とコア部とから成る光導

波路のクラッド部の外表面が金属膜で被覆されていることから、光導波路から外部への漏れ光および外部から光導波路への迷光はこれら金属膜で反射もしくは吸収されて遮断されるため迷光や漏れ光がなくなり、クロストークの発生をほぼ完全に防止でき、高品質の信号変換および光信号伝送が可能な光電子混在基板を提供することができた。

【0094】また本発明の光電子混在基板によれば、金属膜によって光導波路のクラッド部の外表面を被覆する際には蒸着法やスパッタリング法・CVD法等の薄膜形成手法により金属膜を形成することができ、高温プロセスを必要としないため、通常の各種の電気回路基板を用いて光電子混在基板を構成することができる。

【0095】そして、金属膜をコア部を伝送させる光の周波数よりも大きなプラズマ周波数を有する金属から成るものとした場合は、金属のプラズマ周波数よりも小さな周波数の光はその金属内を伝搬することができないため、その光は金属表面で確実に反射されて金属内に入射することができないことから、光導波路から外部への漏れ光および外部から光導波路への迷光がより効果的に反射もしくは遮断されるため、クロストークの発生をより完全に防止でき、さらに高品質の信号変換および光信号伝送が可能な光電子混在基板となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】(a)～(e)は本発明の光導波路の実施の形態の例を製造プロセスの工程毎に示す断面図である。

【図2】本発明の光電子混在基板の実施の形態の例を示す平面図である。

【図3】本発明の光電子混在基板の実施の形態の例を示す断面図である。

【図4】光導波路の製作例を示す平面図である。

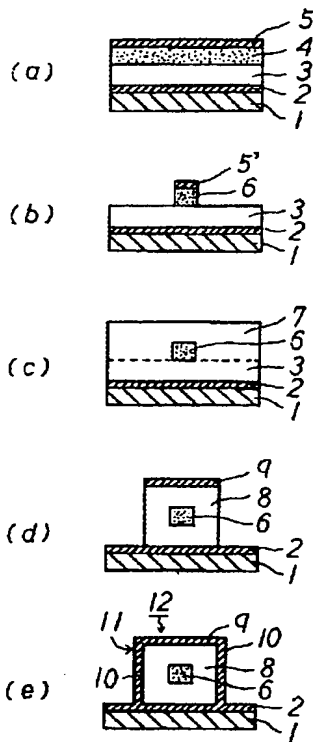
【図5】比較例の光導波路の断面を示す図4のI-I'線断面図である。

【図6】本発明の光導波路の断面を示す図4のI-I'線断面図である。

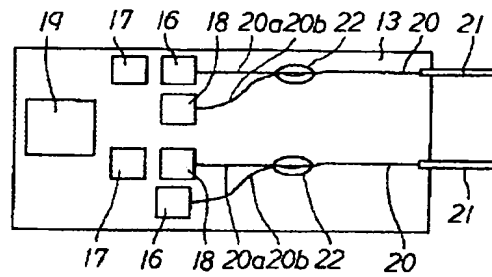
#### 【符号の説明】

- 1、13、26・・・基板
- 2、9、10、11、25、33・・・金属膜
- 6、24、32・・・コア部
- 8、23、31・・・クラッド部
- 12、20、27、28・・・光導波路
- 16・・・光信号送信用発光素子（光電変換素子）
- 17・・・光出力モニター用受光素子（光電変換素子）
- 18・・・光信号受信用受光素子（光電変換素子）
- 19・・・半導体集積回路素子（集積回路）

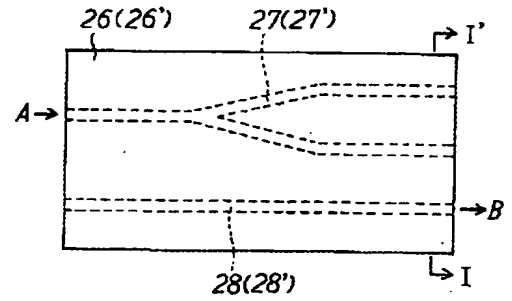
【図1】



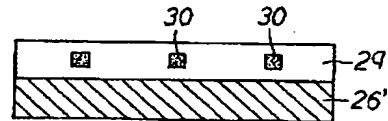
【図2】



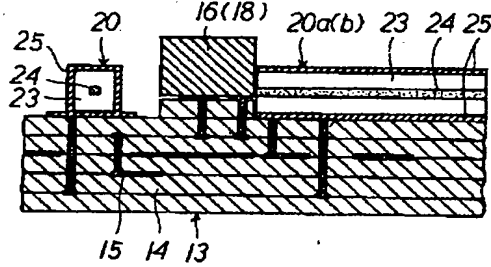
【図4】



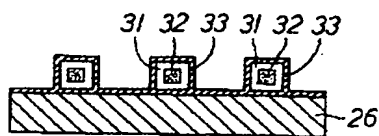
【図5】



【図3】



【図6】



(10)

特開平 1 0 - 2 8 2 3 5 1

フロントページの続き

(72)発明者 棚橋 成夫  
京都府相楽郡精華町光台 3 丁目 5 番地 京  
セラ株式会社中央研究所内